

ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ЗНАЧЕНИЕ КРИВИЗНЫ ПОЛОСЫ ХАРАКТЕРНЫ ДЛЯ АСИММЕТРИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ

ENERGY AND FORCE PARAMETERS AND VALUES OF BAND CURVATURE DURING ASYMMETRICAL ROLLING OF PLATES

КАВАЛЕК АННА АДЛЬФОВНА, ДЫЯ ХЕНРЫК ИОСИФОВИЧ, СОЛТЫСЯК ЛУКАШ ЛЕШКОВИЧ

Ченстоховский технологический университет

Институт обработки металлов давлением и инженерии безопасности

Ал. Армии Крайовой 19, 42-200 Ченстохова, Польша

e-mail: kawalek@wip.pcz.pl

Abstract

The paper presents theoretical analysis of asymmetrical plate rolling process with initial strip thickness (200, 150, 100, 80, 70) mm conducted in the plate preliminary mill 3600. The purpose of the work was to determine the influence of putting angle of the pass into the deformation zone and working rolls velocity asymmetry on the value of rolling force and direction of the bending radius of strip flowing out from the deformation zone. The variable parameters of the process were: putting angle of the pass θ ; rotational speed asymmetry factor, $a_v = v_d/v_g$. From the investigation carried out within the work it was found that the most representative data obtained during asymmetric plate rolling process with rolling reduction of $\varepsilon = 0,20$ which was put into this paper work.

Введение

Все теории продольной прокатки плоских изделий, чаще всего основаны на симметрическом процессе прокатки. Однако в промышленных условиях очень трудно сохранить симметрический характер деформации материала, это просто невозможно. На процесс деформации изделий влияют многие факторы: различные условия трения на поверхности стыка валков и деформируемого материала, неравномерность шихты, различная окружная скорость валков и подачи полосы в очаг деформации под углом по отношению к уровню самотеков.

На основании многих теоретических и практических исследований установлено, что правильный подбор параметров во время прокатки асимметрическим способом, влияет на понижение суммарного давления металла на валки, понижает упругий изгиб элементов прокатной клетки, улучшает плоскость полосы и влияет на односторонность полосы по длине и ширине [1, 2, 3]. Очень важным параметром, во время анализа этого процесса, является значение кривизны полосы после выхода из очага деформации. Благодаря правильному введению процесса прокатки асимметрическим способом, возможным является контролирование кривизны полосы [4].

Краевые и исходные (начальные) условия процесса прокатки

В исследованиях применено сталь из класса S355J2G3, которой химический состав представлено в таблице 1. В исследованиях применено шихту высотой $h_0=(200, 150, 100, 80, 70)$ мм, рабочие валки диаметром 1060 мм и постоянную окружную скорость нижнего валка составляющую $n = 50$ вращений/мин.

Таблица 1. Химический состав стали из класса S355J2G3, % [5]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
0,15	1,36	0,33	0,017	0,03	0,05	0,089	0,03	0,23
Al	N	V	Nb	B	Ti	Sn	Ca	Zn
0,03	0,0092	0,001	0,002	0,0003	0,002	0,018	0,0007	0,003

Прокатку асимметрическим способом введено путём изменения окружной скорости верхнего валка (которая была меньше скорости нижнего валка), а также путём изменения угла подачи полосы в очаг деформации. Значение угла подачи полосы в очаг деформации $a_v = v_d/v_g$ не было постоянно и составляло 1,00; 1,02; 1,03; 1,05. Переменное значение угла подачи полосы в очаг деформации составляло соответственно 0° , 1° , 2° и 3° . Прокатка проведена при значении относительного обжатия $\varepsilon = 0,20$. Температура прокатываемой полосы составляла 1250°C – при $h_0 = 200$ мм, 1230°C при $h_0 = 150$ мм, 1220°C при $h_0 = 100$ мм, 1220°C при $h_0 = 80$ мм, 1200°C при $h_0 = 70$ мм.

Во время расчётов принято, что температура инструментов составляет 60°C ; температура окружения 20°C ; коэффициент трения 0,7; коэффициент поднимания тепла между материалом и воздухом $\alpha_u = 10 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$, а стыковой коэффициент теплопроводности между валками и шихтой составляет $\alpha_k = 10000 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$.

Во время компьютерной симуляции процесса прокатки использовано компьютерную программу Forge 2008®, в которой во время расчетов применяется метод конечных элементов. Принято вязко – пластическую модель деформируемого тела, которую описывает закон Нортон-Хоффа, выражен следующим уравнением (1) [6, 7]:

$$S_{ij} = 2K_0 (\bar{\varepsilon} + \varepsilon_0)^{n_0} \cdot e^{(-\beta_0 \cdot T)} \left(\sqrt{3} \dot{\bar{\varepsilon}} \right)^{m_0 - 1} \dot{\varepsilon}_{ij}, \quad (1)$$

где: S_{ij} – девиатор тензора напряжений, $\dot{\bar{\varepsilon}}$ – интенсивность скорости деформации, $\dot{\varepsilon}_{ij}$ – тензор скорости деформации, $\bar{\varepsilon}$ – интенсивность

деформации, ε_0 – базовая деформация, T – температура, K_0 , m_0 , n_0 , β_0 – постоянные для определённого материала [7].

Для определения действительных кривых упрочнения стали S355J2G3, при условиях деформации и температурах выступающих в действительном процессе прокатки плит горячим способом, проведено исследования при помощи оборудования Gleeble 3800, имеющего модуль Pocket Jaw и комплекс наковальней ISO-T предназначенных для тестов в области одноосевого сжатия.

Собственные исследования

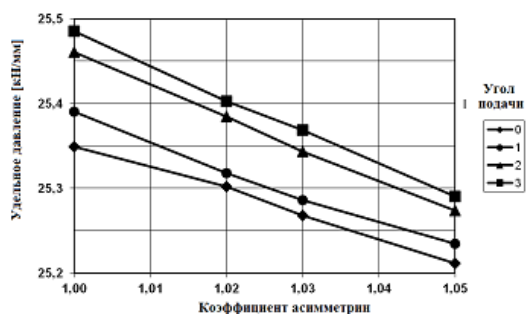


Рис. 1. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение среднего удельного давления; $h_0 = 200 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,20$

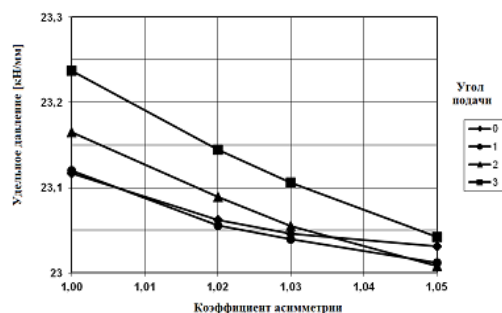


Рис. 2. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение среднего удельного давления; $h_0 = 150 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,20$

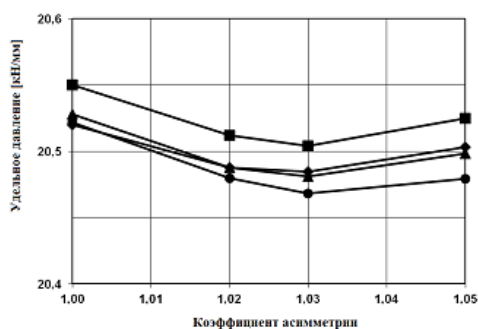


Рис. 3. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение среднего удельного давления; $h_0 = 100 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,20$

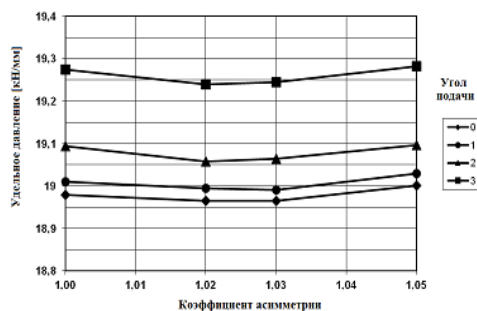


Рис. 4. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение среднего удельного давления; $h_0 = 80 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,20$

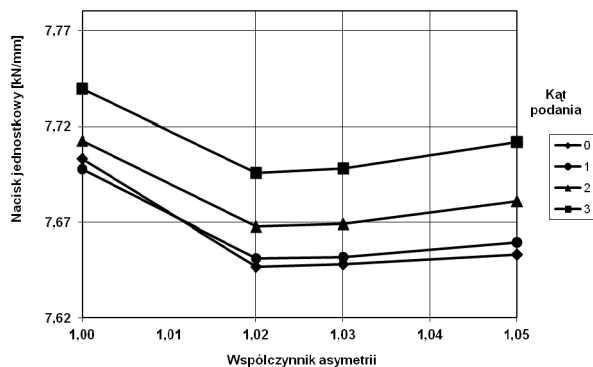


Рис. 5. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение удельного давления металла на валки; $h_0 = 70 \text{ мм}$; $\varepsilon = 0,20$

На чертежах 1-5 представлено результаты влияния коэффициента асимметрии окружных скоростей валков, полосы поданной под углом в очаг деформации, на значение удельного

Поддачи полосы в очаг деформации, при действительных условиях, происходят чаще всего при каких-то небольших углах по отношению к уровню свободных самотеков, вследствие чего симметрический процесс прокатки переходит в процесс несимметричный. Благодаря добавочной асимметрии (во время процесса прокатки) введенной путём изменения окружной скорости одного из валков, возможным является регулирование значения кривизны полосы и влияние на значение суммарного давления металла на валки. Результаты проведенных исследований представлено на чертежах 1-10.

Опираясь на результаты представленные на чертежах, можно прийти к выводу, что для всех анализированных параметров, характерным являлось снижение давления металла

на валки, за исключением полосы о исходной высоте $h_0 = 80$ мм и коэффициентов асимметрии $a_v > 1,03$ (рис. 4). В случае полосы, которой исходная высота составляет $h_0 = 100$ мм, наибольшее снижение давления металла на валки можно заметить при коэффициенте асимметрии $a_v = 1,03$, при больших значениях коэффициента асимметрии $a_v > 1,03$ имело место небольшое повышение давления металла на валки (рис. 3). В случае полос которых исходная высота составляла $h_0 = 70$ мм наибольшее снижение имело место при коэффициенте асимметрии $a_v = 1,02$ (рис. 5). Опираясь на проведенные исследования можно

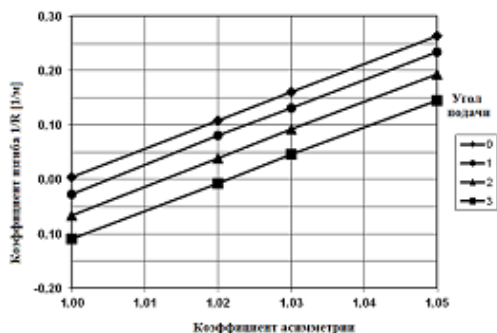


Рис. 6. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение кривизны полосы; $h_0 = 200$ мм; $\epsilon = 0,20$

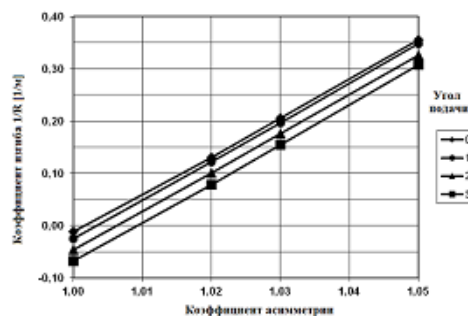


Рис. 7. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение кривизны полосы; $h_0 = 150$ мм; $\epsilon = 0,20$

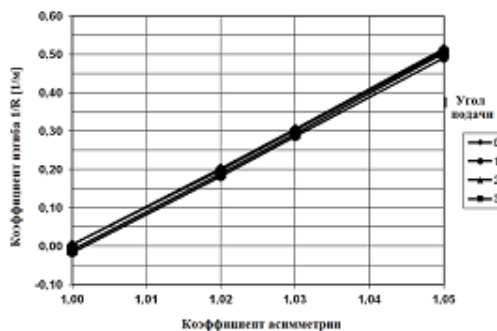


Рис. 8. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение кривизны полосы; $h_0 = 100$ мм; $\epsilon = 0,20$

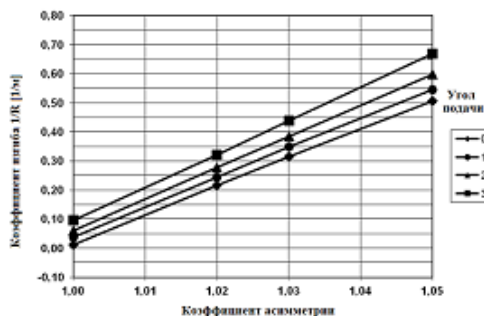


Рис. 9. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение кривизны полосы; $h_0 = 80$ мм; $\epsilon = 0,20$

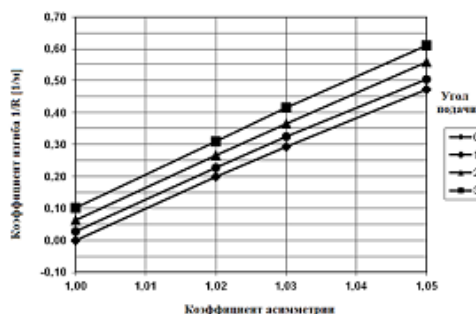


Рис. 10. Влияние коэффициента асимметрии $a_v = v_d/v_g$ и угла подачи полосы θ на значение кривизны полосы; $h_0 = 70$ мм; $\epsilon = 0,20$

На основании данных представленных на чертежах 6 и 7 можно констатировать, что во время прокатки симметрическим способом, вместе с повышением угла подачи полосы в очаг деформации, в случае полос которых исходная

высота составляет $h_0 = 200$ и 150 мм, имеет место изгиб полосы вниз (обжатие выше критического значения), что очень отрицательно в случае процесса прокатки [8]. Зато кривизна полосы изменяется (полоса изгибается вверх валка)

вследствие асимметрии введенной путём снижения окружной скорости верхнего вала. В действительных промышленных условиях, чем короче полоса которую подают в очаг деформации, тем выше угол подачи полосы в валки. Чтобы понизить отрицательное значение кривизны полосы, а даже изменить направление изгиба полосы, по направлению к верхней полосе, надо ввести асимметрию окружных скоростей валков. В случае полос, которых исходная высота составляет $h_0 = 100-70$ мм, употребление асимметрии приводит к небольшому изгибу в сторону верхнего вала (рис. 8-10). Значение этого изгиба возрастает вместе с повышением значения коэффициента асимметрии a_v . В случае прокатки плит, более благоприятным является небольшой изгиб полосы в сторону верхнего вала, чем изгиб полосы вниз, который приводит к повреждению прокатного оборудования и самотеков.

Резюме и заключение

На основании проведенных исследований, касающихся влияния применения асимметрии полосы, которую подаются под углом в очаг деформации, на изгиб полосы и энергосиловые параметры процесса прокатки плит в заготовочной (предварительной) клетки прокатного стана 3600, сформировано следующие выводы:

- применение асимметрии путём неоднородности окружных скоростей рабочих валков, влияет на значение среднего удельного давления и значение изгиба полосы после выхода из очага деформации;
- введение асимметрии вызвало небольшое снижение давления металла на валки в случае исследуемых полос, за исключением полосы, которой исходная высота составляла $h_0 = 80$ мм и коэффициент асимметрии $a_v > 1,03$ – имело тогда место небольшое повышение;
- значение кривизны полосы после выхода из очага деформации (изгиб в сторону верхнего вала) возрастает вместе с возрастом коэффициента асимметрии a_v .

Библиография

1. A. Kawalek: Wpływ asymetrycznego procesu walcowania na wyginanie się pasma podczas walcowania blach grubych. *Hutnik-Wiomości hutnicze* 6/2008, s. 288÷293.
2. H. Dyja, W. Sałganik., A. Piesin., A. Kawalek: Asymetryczne walcowanie blach cienkich. Teoria, technologia i nowe rozwiązania. ISBN: 978-83-7193-364-6, Monografie nr 137, wyd. I, 348 s., 2008 r.
3. A. Kawalek: Asymetryczne walcowanie blach grubych w walcowni dwuklapkowej, ISBN: 978-83-87745-98-1, Monografie nr 11, 186 s., Częstochowa 2011
4. H. Dyja, K. Wilk: Asymetryczne walcowanie blach i taśm, Wydawnictwo Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej, ISBN 83-87745-05-7, Częstochowa 1998.
5. H. Dyja, J. Markowski, M. Knapieński, A. Kawalek: The phisical modeling of the process of normalizing rolling of S355J2G3 steel plates, Sbornik trydov XIII miezdunarodnoii nauchno-technicheskoi konferencii "Maszynostroienie i technosfera XXI wieku". Tom 4. 11-16 sentjabrja, 2006, Doneck, Ukraina.
6. H. Dyja, L. Lesik, A. Milenin, P. Korsun: Przestrenny model matematyczny walcowania w wykrojach, *Hutnik-Wiomości Hutnicze*. Nr 3, s.76, 2002.
7. Users Guide, How to run Forge3, Transvalor S.A., Superieure des Mines de Paris, 2002.
8. A. M. Piesin, V. M. Salganik, H. Dyja, D. N. Chikishev, D. O. Pustovoitov, A. Kawalek: Asymmetric rolling: Theory and Technology, ISSN: 1230-3534, *Hutnik-Wiomości Hutnicze* T.79 nr 5, 2012 r., s.358-362